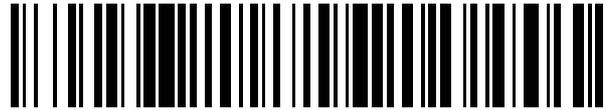


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 607 222**

51 Int. Cl.:

**G01B 7/06**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.04.2011 E 11162547 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.09.2016 EP 2386822**

54 Título: **Método y dispositivo para medir el grosor de capas delgadas en superficies de medición extensas**

30 Prioridad:

**10.05.2010 DE 102010020116**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**29.03.2017**

73 Titular/es:

**HELMUT FISCHER GMBH INSTITUT FÜR  
ELEKTRONIK UND MESSTECHNIK. (100.0%)  
Industriestrasse 21  
71069 Sindelfingen, DE**

72 Inventor/es:

**FISCHER, HELMUT**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 607 222 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Método y dispositivo para medir el grosor de capas delgadas en superficies de medición extensas

La presente invención hace referencia a un método y a un dispositivo para medir el grosor de capas delgadas en superficies de medición extensas, como por ejemplo cascos de embarcaciones.

5 La medición del grosor de capas delgadas con una sonda de medición, la cual presenta al menos un elemento sensor y al menos un casquete esférico asociado al elemento sensor, se conoce por ejemplo por la solicitud DE 10 2005 054 593 A1. A través de una sonda de medición de esa clase, en función del material de base y del revestimiento, pueden realizarse mediciones según el método magnético - inductivo o según el método de corrientes de Foucault. Las sondas de esa clase son colocadas por ejemplo manualmente sobre una superficie de medición,  
10 para registrar el grosor de la capa. Un método de esa clase no es adecuado por ejemplo para medir y controlar revestimientos extensos o superficies de medición extensas, como por ejemplo el casco de una embarcación o el ala de un avión.

15 Por la solicitud US 5,831,438 A se conoce un dispositivo de medición para medir el grosor de capas delgadas, el cual presenta un aparato indicador al cual se pueden conectar una o varias sondas de medición. En un cuerpo en forma de disco pueden alojarse varias sondas de medición, las cuales se encuentran dispuestas en forma de una V, de forma contigua una con respecto a otra. Las carcasas de las respectivas sondas de medición sobresalen radialmente hacia el exterior con respecto al soporte en forma de disco, de manera que opcionalmente puede seleccionarse una de las sondas de medición y puede utilizarse para la medición.

20 Por la solicitud DE 100 53 410 C2 se conoce un método para el corte diferenciado en una placa o circuito impreso revestido con un material conductor. De manera adicional, la instalación de corte presenta un sistema de ejes lineal que comprende un carro desplazable en la dirección X-, Y-, Z, para guiar una sonda de medición dispuesta en la misma a lo largo de la capa conductora aplicada, y realizar mediciones individuales.

Por la solicitud US 4,767,987 A se conoce un dispositivo de medición del grosor de capas, en donde dentro de una superficie lateral de un tambor se proporciona al menos un elemento de medición.

25 Por la solicitud JP 2007 240 458 A se conoce un cilindro de medición, en donde varias sondas de medición se encuentran dispuestas dentro de una superficie del cilindro cerrada, de manera que el material en forma de vía que debe ser controlado, el cual es guiado a lo largo del cilindro y es desviado, puede ser registrado en cuanto al grosor de la capa.

30 En la solicitud DE 10 2007 062966 A1 se sugiere un método para calibrar normales del grosor de la capa, en donde se mide la topografía de una parte de un sustrato sin revestimiento y de una parte revestida de las superficies de las normales del grosor de la capa, así como en base a los datos de medición obtenidos se calcula el grosor de las normales del grosor de la capa.

35 Por tanto, el objeto de la presente invención consiste en sugerir un método y un dispositivo para medir el grosor de capas delgadas, a través de los cuales la superficie de medición que debe ser revisada se registre completamente de manera sencilla.

Dicho objeto se alcanzará a través de un método según las características de la reivindicación 1 y a través de un dispositivo según las características de la reivindicación 6. En las respectivas reivindicaciones dependientes se indican otras formas de ejecución ventajosas.

40 En el método de acuerdo con la invención se prevé que la superficie de medición extensa esté subdividida en superficies parciales individuales, de manera que para cada superficie parcial se determina una matriz de puntos de medición, y con al menos un dispositivo que presenta al menos un cuerpo de rotación con al menos una superficie de rodadura, el cual aloja al menos una sonda de medición y se coloca sobre la superficie de medición y rueda a lo largo de al menos una línea de la matriz, y en puntos de medición equidistantes se registran valores de medición, donde los valores de medición son registrados sucesivamente para todas las líneas de la matriz en la superficie  
45 parcial y son evaluados para esa superficie parcial. A través del registro de valores de medición equidistantes a lo largo de varias líneas puede posibilitarse de forma sencilla una trama o una matriz de puntos de medición para una superficie parcial individual, debido a lo cual es posible evaluar los grosores existentes de la capa de esa superficie parcial. Para una evaluación completa de la superficie de medición extensa pueden emplearse superficies parciales seleccionadas individuales o todas las superficies parciales que corresponden a la superficie, de la superficie en su totalidad. A través de los puntos de medición dispuestos en una matriz, también dentro de las superficies parciales puede posibilitarse una evaluación con respecto a modificaciones del grosor de la capa. Además, ya durante la evaluación de una primera superficie parcial es posible obtener información sobre el grosor de la capa medido, con relación a los grosores mínimos predeterminados de la capa.  
50

De acuerdo con una forma de ejecución preferente del método se prevé que en el dispositivo para realizar la medición al menos una sonda de medición rueda a lo largo de al menos una línea, de manera que al menos una sonda de medición es colocada en el punto más bajo de una vía cicloide sobre la superficie de medición. Gracias a ello puede tener lugar una medición continua, de modo que se posibilita un tiempo de medición reducido. A través de la disposición de la sonda de medición en un cuerpo de medición, en cada punto de medición pueden garantizarse además las mismas condiciones de colocación y, con ello, las condiciones de medición para registrar el grosor de las capas delgadas. Después del registro en todos los puntos de medición de la superficie parcial, el dispositivo se traslada activamente hacia la siguiente superficie parcial, para registrar esa matriz de los puntos de medición. Un método de medición de esa clase se realiza por ejemplo en superficies de medición, objetos o dispositivos de gran tamaño, cuya manipulación en sí misma es extremadamente dificultosa.

En una forma de ejecución preferente del método se prevé la colocación de un dispositivo de tope en el cuerpo de rotación, en particular un disco de tope o un anillo de tope con un diámetro más grande que aquél del cuerpo de rotación, y que el dispositivo con dispositivo de tope sea conducido a lo largo de un borde de la superficie de medición. Debido a ello, en un área del borde inmediata a lo largo de un borde de la superficie de medición es posible que tengan lugar una colocación definida y una conducción de la sonda de rotación para realizar la medición. A través de esa disposición puede posibilitarse una distancia definida entre el borde y los puntos de medición sucesivos a lo largo del borde. En particular en el caso de barcos o de barcos de pared doble, los cuales en particular corren el riesgo de que se produzca corrosión, la medición del grosor de las capas delgadas a una distancia predeterminada del borde es particularmente importante. Esa distancia puede posibilitarse por ejemplo a través de un disco de tope o de un anillo de tope de esa clase, o de un anillo espaciador colocado encima y en particular proporcionado de forma intercambiable. De manera alternativa puede preverse también que en lugar de la conducción del dispositivo con el cuerpo de rotación, en donde se encuentra dispuesto un disco de tope o un anillo de tope, el cuerpo de rotación mencionado se encuentre fijado en una ubicación, posicionándose como un material en forma de cinta que se desplaza con una velocidad discontinua o continua. En una forma de ejecución alternativa del método se prevé que el dispositivo para medir el grosor de capas delgadas con al menos una sonda de medición se coloque a intervalos predeterminados sobre una superficie de medición giratoria o sobre una superficie de medición en forma de cinta. A través de la medición, condicionada por el método, se registran igualmente valores de medición en puntos de medición equidistantes. De este modo, en esta forma de ejecución que difiere de la forma de ejecución mencionada anteriormente, en donde los puntos de medición equidistantes están determinados a través de una variable geométrica, como por ejemplo a través de la circunferencia de la rueda, en este caso la distancia de los puntos de medición se determina a través de una temporización.

En otra variante preferente del método se prevé que a partir de los valores de medición de cada superficie parcial se calculen los valores medios  $\bar{x}$  y la desviación estándar  $s$ , y que en base a ello se calcule un coeficiente de varianza  $V = 100 \times s/\bar{x} \%$  que, como valor de comparación, es comparado con una tabla de evaluación para evaluar la calidad del revestimiento. Para evaluar la calidad del revestimiento, en correspondencia con los requisitos de seguridad y, con ello, en correspondencia con el grosor mínimo de la capa que se encuentra presente, se determina un coeficiente de variación. En la tabla de evaluación, esa información porcentual del coeficiente de variación se subdivide en diferentes grupos, como por ejemplo "excelente", "bueno", "aún suficiente", "con frecuencia insuficiente", asociándose respectivamente un valor correspondiente del coeficiente de variación. En base a la determinación del coeficiente de variación para cada superficie parcial, el valor numérico determinado puede compararse con el valor numérico predeterminado, obteniendo inmediatamente información sobre el revestimiento, a saber, si la calidad del revestimiento se corresponde con las exigencias sólo de forma parcial, no se corresponde con las mismas o, por ejemplo, se corresponde completamente con dichas exigencias.

El objeto de la invención se alcanzará además a través de un dispositivo, en donde un cuerpo de rotación con una superficie de rodadura presenta al menos una sonda de medición, donde la superficie de rodadura está realizada de manera que la misma se coloca sobre la superficie de medición y puede ser guiada sobre la misma, donde un casquete periférico de la sonda de medición sobresale hacia el exterior de forma radial al menos mínimamente con respecto a la superficie de rodadura y se encuentra dispuesto de modo que también rota en el cuerpo de rotación, de modo que la sonda de medición es conducida hacia la superficie de medición a lo largo de una vía cicloide. A través de ese dispositivo puede crearse una sonda de rotación que, en función del diámetro del cuerpo de rotación, se coloca a distancias regulares sobre la superficie de medición. De este modo, la sonda de medición realiza un movimiento a lo largo de una vía cicloide. El cuerpo de rotación con su superficie de rodadura, la cual es guiada a lo largo de la superficie de medición, solamente sirve para colocar la sonda de medición en puntos de medición equidistantes y para registrar un valor de medición. El cuerpo de rotación en sí mismo no participa en la medición. Más bien, el cuerpo de medición se utiliza solamente para garantizar puntos de medición equidistantes que posteriormente son reunidos formando una matriz en un dispositivo de evaluación.

En una variante ventajosa del dispositivo se prevén al menos dos o varios cuerpos de rotación que están montados y guiados de forma giratoria en un eje común, donde solamente un cuerpo de rotación presenta al menos una sonda de medición. Esta disposición de dos o varios cuerpos de rotación a lo largo de un eje común ofrece la ventaja de que gracias a ello se brinda una seguridad contra ladeos, con respecto a la superficie de medición, posibilitándose

un posicionamiento perpendicular de la sonda de medición con respecto a la superficie de medición en el punto de medición.

En otra forma de ejecución preferente del dispositivo se prevé que dos o más cuerpos de rotación que respectivamente alojan al menos una sonda de medición estén unidos a un eje rígido y que las sondas de medición estén orientadas en la misma posición angular. Este dispositivo ofrece la ventaja de que, a modo de ejemplo, en el caso de dos cuerpos de rotación dispuestos de forma contigua uno con respecto a otro y respectivamente una sonda de medición, al mismo tiempo, por dos puntos de medición que se sitúan en líneas contiguas, puedan ser registrados valores de medición. Gracias a ello es posible ahorrar aún más tiempo al registrar los valores de medición a lo largo de los puntos de medición dentro de una superficie parcial. Del mismo modo, pueden proporcionarse tres o más cuerpos de rotación, respectivamente con al menos una sonda de medición, para realizar casi una medición múltiple. Esta disposición ofrece también la ventaja de que las distancias de las líneas para los puntos de medición individuales presentan una distancia definida. Además, en correspondencia con la cantidad de líneas de una superficie parcial, preferentemente, el dispositivo puede presentar cuerpos de rotación, de manera que solamente a través de un único desplazamiento a lo largo de la línea pueden registrarse valores de medición en cada punto de medición de la superficie parcial. Para que los puntos de medición individuales se sitúen todos en la misma columna, los cuerpos de rotación están unidos unos con otros de forma rígida y la posición angular de la sonda de medición está orientada del mismo modo en los cuerpos de rotación situados de forma contigua unos con respecto a otros.

En otra variante preferente del dispositivo se prevé que la sonda de medición esté montada de forma elásticamente flexible para ser introducida en el cuerpo de rotación con respecto a la superficie de rodadura. Debido a ello, en cada punto de medición se asegura una misma fuerza de aplicación de la sonda de medición sobre la superficie de medición, para crear en cada punto de medición condiciones de medición constantes. De manera preferente se prevé que el elemento sensor esté sostenido por una suspensión compuesta por dos elementos elásticos distanciados uno con respecto a otro y orientados de forma paralela, en particular por resortes de lámina. Gracias a ello, durante la colocación del casquete esférico sobre la superficie de medición, se provoca un movimiento de desplazamiento o movimiento de introducción guiado en la dirección axial del elemento sensor. De este modo, la sonda de medición puede situarse perpendicularmente con respecto a la superficie de medición en el punto de colocación. De manera alternativa con respecto al alojamiento de dos elementos elásticos orientados de forma paralela, en particular resortes de lámina, puede proporcionarse también una suspensión a modo de una membrana del elemento sensor, en el casquete esférico. Una forma de ejecución de esa clase se conoce por ejemplo por la solicitud DE 10 2005 054 593 A1, a la cual se hace referencia considerando la totalidad de su contenido.

En otra variante preferente del dispositivo se prevé que en el cuerpo de rotación se proporcione al menos un dispositivo de almacenamiento para los valores de medición registrados. Gracias a ello, un registro de los valores de medición puede tener lugar de forma descentralizada, sin que para ello se necesite una conexión para una unidad de evaluación. Además, de manera preferente, en el cuerpo de rotación se proporciona una interfaz que se encuentra conectada al dispositivo de almacenamiento, para leer los valores de medición y/o un dispositivo de emisión y de recepción para la transmisión inalámbrica en un dispositivo de evaluación. A modo de ejemplo, la interfaz mencionada puede estar diseñada como una interfaz serial o como una interfaz USB. Además, el dispositivo de emisión y de recepción puede posibilitar una transmisión de datos por radio, Bluetooth o similares.

En una variante preferente del dispositivo se prevé que en un cuerpo de rotación pueda disponerse un dispositivo de tope, en particular un disco de tope o un anillo de tope, cuya circunferencia sea mayor que el diámetro del cuerpo de rotación. De este modo es posible que el cuerpo de rotación, de manera selectiva y con una distancia predeterminada, pueda ser guiado a lo largo de un borde de un objeto de medición, para efectuar una medición definida del grosor de capas delgadas, con una distancia predeterminada desde el borde.

Se prevé además que en el anillo de tope o en el dispositivo de tope, en su superficie circunferencial lateral, se encuentre dispuesto de forma intercambiable un anillo espaciador. Dicho anillo espaciador posibilita que, en función del caso de aplicación, una distancia predeterminada con respecto a la medición del grosor de la capa pueda ser regulada partiendo desde el borde externo. De este modo, por ejemplo en el caso de un anillo de tope o de un disco de tope dispuestos de forma fija en el cuerpo de rotación, puede preverse sin embargo una modificación de la distancia. En tanto el anillo espaciador y el disco de tope o el anillo de tope formen una unidad, en función del grosor del anillo de tope que puede colocarse sobre el cuerpo de rotación, puede regularse y definirse a su vez la distancia de la medición con respecto al borde del revestimiento.

En otro perfeccionamiento del dispositivo se prevé que al menos un cuerpo de rotación con al menos una sonda de medición se proporcione en un carro de medición, el cual presenta al menos un rodillo guía. Un carro de medición de esa clase puede utilizarse a su vez para evitar un ladeo, en particular cuando se presenta un apoyo de tres puntos a través del cuerpo o de los cuerpos de rotación y/o de los rodillos guía. A través de la ayuda del rodillo guía puede preverse además una colocación y un guiado definidos del cuerpo de rotación. Preferentemente, entre el cuerpo o los cuerpos de rotación y el rodillo guía se proporciona un chasis, en donde por ejemplo se encuentra dispuesto un imán de sujeción. A través de una disposición de esa clase, en el caso de superficies parciales que deben revisarse,

las cuales se encuentran suspendidas, se posibilita sin embargo una medición de la superficie, ya que debido al imán de sujeción el carro magnético es sostenido con respecto a la superficie de medición.

En otra variante preferente del dispositivo se prevé que a la superficie de rodadura del cuerpo de rotación, la cual sobresale con respecto a por lo menos una sonda de medición, se encuentre asociado un dispositivo de limpieza que limpia al menos el casquete esférico de la sonda de medición. De este modo, el casquete esférico se limpia en cada giro del cuerpo de rotación, de manera que una pluralidad de superficies parciales pueden examinarse unas detrás de otras, donde para el registro de los valores de medición se encuentran presentes condiciones constantes. A modo de ejemplo, el dispositivo de limpieza está realizado a través de cerdas o de cerdas giratorias, eventualmente para retirar suciedad que se adhiere en el casquete esférico.

La invención, así como otras formas de ejecución y perfeccionamientos ventajosos de la misma, se describirán y explicarán en detalle mediante los ejemplos representados en los dibujos. Las características que resultan de la descripción y de los dibujos, de acuerdo con la invención, pueden aplicarse de forma individual o colectiva en cualquier combinación. Las figuras muestran:

Figura 1: una vista lateral esquemática de una embarcación con un casco revestido, cuyo revestimiento, como superficie de medición, está subdividido en superficies parciales;

Figura 2: una representación de una superficie parcial con una matriz de puntos de medición;

Figuras 3a a c: una vista lateral esquemática de un dispositivo para registrar valores de medición en los puntos de medición de la superficie parcial;

Figura 4: una vista lateral esquemática de una forma de ejecución alternativa del dispositivo de medición relativo a la figura 3a;

Figura 5: una vista esquemática de una forma de ejecución alternativa del dispositivo según las figuras 3a a c;

Figura 6: una representación de una superficie parcial con una matriz de puntos de medición;

Figuras 7a y b: vistas esquemáticas de otra forma de ejecución alternativa del dispositivo de medición relativo a la figura 3a; y

Figura 8: un diagrama en donde se indica una proporción de los valores situados por debajo en función de la relación  $\bar{x} / T_{\min}$  para los coeficientes de variación 15 %, 20 % y 25 %.

En la figura 1 se muestra una representación esquemática de un barco 11. Un revestimiento en un casco de una embarcación forma por ejemplo una superficie de medición extensa 12. Debido a las exigencias de seguridad aumentadas y para evitar la corrosión, se le atribuye gran importancia a la calidad del revestimiento en los cascos, en especial ya que gracias a ello pueden evitarse averías en la embarcación. Por ese motivo, los revestimientos de esa clase deben presentar un valor mínimo del grosor de la capa para un revestimiento. El cumplimiento de los valores mínimos mencionados sólo puede garantizarse cuando un valor medio del grosor de la capa es suficientemente más elevado que el valor mínimo. La distancia necesaria entre el valor medio y el valor mínimo del grosor de la capa depende de la dispersión inmanente al proceso de revestimiento. De manera conveniente, como medida para la dispersión se utiliza el coeficiente de variación V. Dicho coeficiente consiste en la desviación estándar s con respecto al valor medio x de los valores medidos del grosor de la capa. A través de esos coeficientes de variación puede emitirse una valoración sobre la calidad del revestimiento, a saber, si el grosor mínimo de la capa se encuentra presente siempre, de forma parcial o si no se encuentra presente en el grado necesario. De este modo, el coeficiente de variación determinado puede compararse con una tabla de evaluación, la cual es elaborada mediante resultados del proceso evaluados y es categorizada en diferentes valoraciones. Las valoraciones pueden ser por ejemplo "excelente", "bueno", "aún suficiente" o "con frecuencia insuficiente", donde a esas valoraciones se encuentra asociado respectivamente un valor superior máximo del valor porcentual del coeficiente de variación. De este modo puede emitirse una valoración rápida sobre la calidad del revestimiento, donde en base a los valores de medición individuales determinados del coeficiente de variación calculado en base a ello, se efectúa una comparación con la tabla de evaluación de resultados del proceso evaluados.

Para una valoración racional, para revestimientos de gran superficie, la superficie de medición 12 debe subdividirse en superficies parciales individuales 40 que son mucho más reducidas que la superficie de medición 12. Preferentemente, la subdivisión se realiza en superficies parciales 40 del mismo tamaño.

En la figura 2 se representa ampliada una superficie parcial 40 de esa clase, de la superficie de medición extensa 12. Dicha superficie parcial 40 presenta una matriz compuesta por puntos de medición 16 que se proporcionan a distancias equidistantes • lh a lo largo de una línea 17. Preferentemente, las líneas 17 están dispuestas a distancias

• Iv iguales, paralelamente unas con respecto a otras, de manera que resulta una matriz de puntos de medición 16, así como resulta una red de puntos de medición 16, distribuidos de forma regular sobre la superficie parcial 14. Gracias a ello es posible una valoración suficiente del grosor de la capa, así como del perfil de grosor de la capa para esas superficies parciales 14, sin que sea necesaria una medición de toda la superficie del grosor de la capa.

5 Para registrar valores de medición en los puntos de medición 16 equidistantes, de acuerdo con la invención, se proporciona un dispositivo 21, así como un dispositivo de medición según las figuras 3a a c, el cual presenta un cuerpo de rotación 22 con una superficie de rodadura 23. A modo de ejemplo, el cuerpo de rotación 22 mencionado se encuentra montado de forma giratoria alrededor de un eje 24, en una barra o una vara 26, de manera que el usuario, mediante la vara 26, puede colocar y guiar la superficie de rodadura 23 del cuerpo de medición 22 sobre la  
10 superficie de medición 12. El cuerpo de rotación 22 puede estar dispuesto de manera giratoria con respecto a la vara 26 a través de un eje montado de forma unilateral o bilateral. Preferentemente, el cuerpo de rotación 22 está realizado como rueda y, asociada a la superficie de rodadura 23, una sonda de medición 28 se encuentra alojada en el cuerpo de rotación 22. La sonda de medición 28 también puede estar dispuesta en el exterior en el cuerpo de rotación 23. Preferentemente, el cuerpo de rotación 22 está realizado en forma de disco. La superficie de rodadura 23 puede comprender un revestimiento plástico, un revestimiento de goma o similares. La parte superior de la superficie de rodadura 23 puede seleccionarse también en función del revestimiento que debe ser revisado, para evitar que se produzcan daños.

A modo de ejemplo, la conformación del cuerpo de rotación 22 puede proporcionarse como rodillo o como rueda. Del mismo modo, el cuerpo de rotación 22 puede estar realizado al menos parcialmente como cuerpo ahuecado. Un  
20 cuerpo de rotación 22 de esa clase puede estar realizado de una pieza que comprende espacios de alojamiento individuales, por ejemplo para la sonda de medición y/o para componentes de control, como módulos IC, módulos de funcionamiento, o similares, los cuales pueden estar cerrados con una tapa. Del mismo modo, por ejemplo, un cuerpo de rotación de dos cascos puede estar realizado con espacios de alojamiento contenidos dentro.

La sonda de medición 28 comprende un elemento sensor 29, así como un casquete esférico 31 dispuesto en su eje longitudinal, donde la sonda de medición 28 se encuentra dispuesta en el cuerpo de rotación 22 de manera que el casquete esférico 31 sobresale hacia el exterior al menos de forma mínima con respecto a la superficie de rodadura 23 en una posición inicial. Esto se representa a modo de ejemplo en la figura 3b. El elemento sensor 29 puede estar  
25 realizado por ejemplo como un núcleo que aloja cuerpos de la bobina. Con respecto a la conformación del elemento sensor, así como a la forma de ejecución como sonda de medición magnético - inductiva o sonda de medición de corrientes de Foucault, se hace referencia a la solicitud DE 10 2005 054 593 A1, considerando la totalidad de su contenido. De manera alternativa, también varios elementos sensores 29 de la misma o de diferente construcción pueden formar una sonda de medición para el mismo o para diferentes métodos de medición.

La sonda de medición 28 está montada de forma elásticamente flexible con respecto al cuerpo de rotación 22, es decir que durante un movimiento de colocación dentro de un área angular 33 se posibilitan una introducción del  
35 elemento sensor 29 y una conducción nuevamente hacia el exterior. De este modo, el casquete esférico 31 rueda sobre la superficie de medición 27. Esta disposición elásticamente flexible del elemento sensor 29 ofrece la ventaja de que se aplica una fuerza de medición máxima definida y se posibilita una colocación segura del elemento sensor 29 en la superficie de medición, en cada punto de medición 16.

De acuerdo con una primera forma de ejecución, la sonda de medición 28 está alojada a través de dos elementos elásticos 35 orientados paralelamente uno con respecto a otro, en particular resortes de lámina, los cuales posibilitan un desplazamiento paralelo del elemento sensor 29, con respecto al cojinete 36. El elemento sensor 29 se encuentra orientado perpendicularmente con respecto a la superficie de medición 23 en el punto de medición 16. De manera alternativa puede preverse la utilización de una sonda de medición según la solicitud DE 10 2005 054 593 A1, es decir, que el elemento sensor 29 con el casquete esférico 31 es alojado por un elemento elástico en forma de una  
45 membrana. Además, esta disposición ofrece la ventaja de que puede crearse una disposición estanca con respecto al agua, es decir, que el elemento sensor 29, por una parte, se encuentra montado de forma elásticamente flexible y, por otra parte, mediante el elemento elástico a modo de una membrana, se posibilita una disposición estanca al agua con respecto al borde de la carcasa de la sonda de medición 28 o con respecto al espacio de alojamiento del cuerpo de rotación 22, donde se encuentra dispuesta la sonda de medición 28. Debido a ello puede tener lugar también una medición bajo el agua. También la sonda de medición y el cojinete elástico representados en las figuras 3a y b se encuentran dispuestos en un espacio de alojamiento del cuerpo de rotación.

En el dispositivo 21, de manera preferente, se proporciona al menos un medio de almacenamiento, en particular un chip IC que almacena los valores de medición de los puntos de medición 16 individuales. De manera complementaria, en el cuerpo de rotación 22 puede estar integrado un dispositivo de emisión y de recepción 38, a  
55 través del cual los valores de medición registrados pueden transmitirse de forma inalámbrica a un dispositivo de evaluación que no se encuentra representado en detalle. Del mismo modo, en un lado externo del cuerpo de rotación 22 pueden proporcionarse una interfaz de datos o varias interfaces de datos.

En el ejemplo de ejecución según las figuras 3a a c, el cuerpo de rotación 22 aloja sólo una sonda de medición 28. El elemento sensor 19, durante el rodamiento del cuerpo de rotación 22 a lo largo de la superficie de medición 12, es guiado a lo largo de una vía cicloide, debido a lo cual en los puntos de medición 16 equidistantes tiene lugar una colocación de la sonda de medición 28 para registrar un valor de medición. La figura 3a muestra una posición del cuerpo de rotación 21 con la sonda de medición 28 poco antes de la colocación de la sonda de medición 28 sobre la superficie de medición 12. La figura 3b, durante un rodamiento posterior del cuerpo de medición 22 a lo largo de la superficie de medición 12, muestra un punto de colocación de la sonda de medición 28 sobre la superficie de medición 12 en el punto de medición 16. Poco antes del punto de medición 16 tiene lugar un contacto del casquete esférico 31 con la superficie de medición 12 y, poco después del punto de medición 16, tiene lugar nuevamente una elevación completa de la sonda de medición 28 desde la superficie de medición. De este modo, no tiene lugar un movimiento de desplazamiento del elemento sensor 29 a lo largo de la superficie de medición 12. El área angular 33 para la colocación del casquete esférico 31 en la superficie de medición 12 se determina según la circunferencia del cuerpo de rotación 22 y/o según la dimensión en la cual el casquete esférico 31 sobresale con respecto a la superficie de rodamiento 23 del cuerpo de rotación 22.

Además, dos o varias sondas de medición 28 pueden estar dispuestas distribuidas sobre la circunferencia de forma regular en el cuerpo de rotación 22. Con ello, por ejemplo, un cuerpo de rotación 22 con un diámetro de gran tamaño puede presentar tres sondas de medición 28 y un cuerpo de rotación 22 con diámetro reducido puede presentar solamente una sonda de medición 28, así como un registro de los valores de medición puede tener lugar respectivamente con ambos cuerpos de rotación en los mismos puntos de medición 16 equidistantes de la superficie parcial 14

Al registrarse los valores de medición se efectúa al mismo tiempo una asociación de los valores de medición uno detrás de otro a lo largo de cada línea e igualmente de cada línea, una con respecto a otra dentro de la superficie parcial. Debido a ello, durante la evaluación de los valores de medición puede tener lugar al mismo tiempo una asociación con relación a los respectivos puntos de medición dentro de la matriz, de manera que, por ejemplo, dentro de la superficie parcial puede detectarse una modificación del grosor de la capa.

El dispositivo 21 ilustrado en las figuras 3a a c representa de este modo una sonda de rotación que posibilita un manejo sencillo. Una sonda de rotación de esa clase no sólo puede ser guiada de forma manual, sino que también puede ser sostenida con una máquina o puede ser desplazada a lo largo de una superficie a través de un dispositivo de manipulación.

En la figura 4 se representa una forma de ejecución alternativa con respecto a las figuras 3a a c. Este dispositivo 21 comprende por ejemplo dos cuerpos de rotación 22 que están unidos uno con otro a través de un eje 41 rígido, así como común. Cada uno de esos cuerpos de rotación 22 presenta al menos una sonda de medición 28. Las mismas están orientadas del mismo modo una con respecto a otra en cuanto a su posición angular. La distancia de los cuerpos de rotación 22 uno con respecto a otro corresponde preferentemente a la distancia  $\bullet$ lv desde dos líneas 17 de la superficie parcial 14. Esta disposición ofrece la ventaja de que a través de una colocación de dos puntos se presenta una disposición libre de ladeos del cuerpo de rotación 22 con respecto a la superficie de medición 12.

De manera alternativa, sólo uno de los dos cuerpos de rotación 22 puede alojar al menos una sonda de medición 28 y el segundo cuerpo de rotación 22 puede utilizarse solamente para alinear y guiar con mayor facilidad el cuerpo de rotación 22 con la sonda de medición 28 hacia la superficie de medición 12.

En la figura 5 se representa una vista esquemática de un dispositivo 21, tal como se observa por ejemplo en la figura 4. Este dispositivo 21 se diferencia en el hecho de que en el cuerpo de rotación 22 puede colocarse, así como puede estar conformado o dispuesto, un dispositivo de tope 48 en forma de un disco de tope 49 o de un anillo de tope, gracias a lo cual se posibilita que, mediante ese dispositivo de tope 48, el dispositivo 21 pueda ser guiado a lo largo de un borde 51 de la superficie de medición 12. De manera preferente, el disco de tope 49 o el anillo de tope se proporciona en el cuerpo de rotación 22 de modo que puede ser cambiado, y presenta una circunferencia externa que es más grande que aquella del cuerpo de rotación 22. Preferentemente, se prevé que el disco de tope 49, en la pared circunferencial lateral, presente un anillo espaciador 50, a través del cual se posibilita una regulación precisa de la distancia de la sonda de medición 28 en el dispositivo de rotación, con respecto al borde 51 que debe ser revisado. Esto significa que las sondas de medición 28, con respecto a la distancia del borde de la superficie de medición, pueden ser reguladas mediante anillos espaciadores 50 de esa clase que presenten diferentes grosores o anchuras.

En la figura 6 puede observarse por ejemplo una matriz de puntos de medición 16 dispuestos unos detrás de otros en la distancia  $\bullet$ lh, la cual puede ser registrada a través de un dispositivo 21 de esa clase con una distancia de  $\bullet$ lv de los dispositivos de rotación 22. La distancia de los puntos de medición 16 que se encuentran asociados directamente al borde de la superficie de medición puede regularse mediante los anillos espaciadores 50, de manera que puede observarse por ejemplo una distancia de 0,2 a 2 mm.

El dispositivo de tope 48 puede estar dispuesto también en un dispositivo 11 solamente con un cuerpo de rotación 22.

En las figuras 7a y b se representan otras vistas esquemáticas de una forma de ejecución alternativa del dispositivo 21. Dicho dispositivo 21 está realizado como un carro de medición que en un chasis 43 aloja el eje 41. En el chasis 43, de manera adicional, se proporciona un rodillo guía 45 que, junto con los otros dos cuerpos de rotación 22, forma una disposición de tres puntos para el carro de medición. Mediante una vara 26, el carro de medición puede ser guiado a su vez a lo largo de la superficie parcial. En función de la alineación de la superficie de medición 12, en particular en el caso de una disposición suspendida, como en el caso de un casco de una embarcación, en el chasis 43 pueden proporcionarse uno o varios imanes de sujeción 46, a través de los cuales se posibilita sin embargo una colocación segura del dispositivo 21 en la superficie de medición 12.

De manera alternativa, el carro de medición según las figuras 7a y b puede presentar un accionamiento autónomo, de manera que el mismo se desplace de forma independiente a lo largo de las líneas 17 de la superficie parcial 14.

Puede preverse además que el carro de medición sea operado mediante un telecontrol, de manera que el movimiento de desplazamiento del dispositivo 21 puede ser activado y manipulado de forma correspondiente.

Para determinar la calidad del revestimiento, por ejemplo en cascos de embarcaciones, a través de la sonda de rotación 28 según las figuras 3a a c, se recorre primero cada línea 17 de la superficie parcial 14. Los valores de medición determinados en los puntos de medición 16 son registrados y son almacenados para esa superficie parcial 14. En base a ello se determina el valor medio  $\bar{x}$  del grosor de la capa para la superficie parcial 14. Para otra valoración de la calidad del revestimiento se necesita que el valor medio  $\bar{x}$  del grosor de la capa sea suficientemente más elevado que el valor mínimo predeterminado para el revestimiento. La distancia necesaria entre el valor medio y el valor mínimo depende de la dispersión  $S$  inmanente al proceso de revestimiento. Como medida para la dispersión  $S$  se utiliza preferentemente el coeficiente de varianza  $V$ . Dicho coeficiente consiste en la relación con respecto a la desviación estándar  $s$ , con respecto al valor medio  $\bar{x}$  de los valores medidos del grosor de la capa, por tanto  $V = 100 \times s/\bar{x}$  [en tantos por ciento]. El coeficiente de varianza  $V$  mencionado puede considerarse de este modo como valor de calidad o valor de comparación del revestimiento.

Para la respectiva área de aplicación y de valoración pueden determinarse diferentes rangos porcentuales de un coeficiente de varianza, en base a un resultado del proceso evaluado. De este modo, por ejemplo, un rango de hasta 1 % puede considerarse como excelente, un rango de hasta 5 % como bueno, un rango de hasta 10 % como aún suficiente, y un coeficiente de varianza de 15 % como insuficiente. Dichos rangos pueden diferenciarse con colores. Tan pronto como para la respectiva superficie parcial 14 fue determinado el coeficiente de varianza correspondiente, a través de la comparación de los rangos unos con otros se puede determinar si la superficie parcial 14 comprende un revestimiento bueno, aún suficiente o insuficiente.

En base a ello, por ejemplo durante la aplicación de revestimientos en cascos de embarcaciones pueden realizarse una revisión y una evaluación. Pueden alcanzarse ahorros esenciales durante la aplicación de material de revestimiento siempre que se logre una reducción de la dispersión  $y$ , con ello, del coeficiente de varianza, ya que gracias a ello puede reducirse de forma correspondiente también el estándar para el valor medio. Sin embargo, si una distancia de esa clase entre el valor medio y el valor mínimo determinado es muy reducida, entonces la proporción prevista de los valores situados por debajo forzosamente es más grande de manera correspondiente, es decir, que los retoques necesarios son más costosos, de modo correspondiente. En base a estas consideraciones, mediante un riesgo porcentual predeterminado puede efectuarse una estimación a través de las tablas adjuntas según la figura 8. En esa tabla, a lo largo del eje  $X$  se indica la relación entre el valor medio  $\bar{x}$  y el grosor de la capa mínimo  $T_{\min}$ . A lo largo del eje  $Y$  se indica el riesgo porcentual en el caso de una tasa de error. Al mismo tiempo, en correspondencia con los coeficientes de varianza de  $V = 15 \%$ ,  $V = 20 \%$  y  $V = 25 \%$  se indica una proporción de los valores situados por debajo en el grosor de la capa mínimo, en función de la relación del valor medio con respecto al grosor de la capa mínimo. A modo de ejemplo, en tanto se seleccione un riesgo de 1 % en el caso de un coeficiente de varianza de 25 %, debe observarse una relación de aproximadamente 1,85, es decir, que debe observarse una distancia de 1,8 veces el valor medio con respecto al valor del grosor de la capa mínimo para lograr un revestimiento suficiente en el caso de un riesgo de una tasa de error del 1%. De este modo, inmediatamente después de un revestimiento realizado puede efectuarse una valoración de la calidad, de modo que ya varíe la intensidad de la siguiente aplicación que se encuentra en proceso en un casco de una embarcación. Del mismo modo, también el siguiente revestimiento que debe aplicarse puede determinarse en cuanto al grosor de la capa, de manera que se logra una compensación en el caso de que la intensidad del revestimiento determinada no sea suficiente. Gracias a ello puede lograrse una reducción durante la producción  $y$ , al mismo tiempo, un aseguramiento del proceso de revestimiento.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Método para medir el grosor de capas delgadas en superficies de medición extensas (12), donde al menos una sonda de medición (28) que presenta al menos un elemento sensor (29) y al menos un casquete esférico (31) asociado al elemento sensor (29), es colocada sobre la superficie de medición (12) para obtener un valor de medición, caracterizado porque
- la superficie de medición extensa (12) está subdividida en superficies parciales individuales (14),
  - para cada superficie parcial (14) que debe ser revisada se determina una matriz de puntos de medición (16),
  - un dispositivo (21) que soporta al menos una sonda de medición (28), el cual aloja un cuerpo de rotación (22) con al menos una superficie de rodadura (23) y al menos una sonda de medición (28), se coloca sobre la superficie de medición (12), rueda a lo largo de al menos una línea (17) de la matriz de la superficie parcial (14), y en puntos de medición equidistantes (16) se registran valores de medición, y
  - los valores de medición son registrados sucesivamente para todas las líneas (17) de la matriz en la superficie parcial (14) y son evaluados para esa superficie parcial (14).
- 10
- 15 2. Método según la reivindicación 1, caracterizado porque al menos una sonda de medición (28) es conducida a lo largo de una vía cicloide sobre la superficie de medición (12) y es colocada en los puntos de medición (16) individuales.
- 20 3. Método según la reivindicación 1, caracterizado porque en el cuerpo de rotación (22) se coloca un dispositivo de tope (48), en particular un disco de tope o un anillo de tope con un diámetro mayor que aquél del cuerpo de rotación (22), y porque el dispositivo (21) con el dispositivo de tope (48) es conducido a lo largo de un borde de la superficie de medición (12).
- 25 4. Método según la reivindicación 1, caracterizado porque el dispositivo (21) con al menos una sonda de medición (28), a intervalos de tiempo iguales predeterminados, es colocado sobre una superficie de medición (12) giratoria o sobre una superficie de medición (12) que es conducida a modo de una cinta.
- 30 5. Método según la reivindicación 1, caracterizado porque a partir de los valores de medición de cada superficie parcial (14) se calculan los valores medios  $\bar{x}$  y la desviación estándar  $s$ , así como en base a ello se calcula un coeficiente de varianza  $V = 100 \times s/\bar{x} \%$  que, como valor de comparación, es comparado con una tabla de evaluación para evaluar la calidad del revestimiento.
- 35 6. Dispositivo para medir el grosor de capas delgadas en superficies de medición extensas (12), en particular para ejecutar el método según una de las reivindicaciones 1 a 5, con al menos una sonda de medición (28) que presenta un elemento sensor (29) y al menos un casquete esférico (31) asociado al elemento sensor (29), caracterizado porque al menos una sonda de medición (28) está dispuesta en un cuerpo de rotación (22) con una superficie de rodadura (23), donde la superficie de rodadura (23) está realizada de manera que la misma se coloca sobre la superficie de medición (12) y puede ser conducida a lo largo de la misma, y el casquete esférico (31) de la sonda de medición (28) sobresale hacia el exterior de forma radial al menos mínimamente con respecto a la superficie de rodadura (23) y se encuentra dispuesto de modo que también rota en el cuerpo de rotación (22), de manera que la sonda de medición (28) es conducida hacia la superficie de medición (12) a lo largo de una vía cicloide.
- 40 7. Dispositivo según la reivindicación 6, caracterizado porque se proporcionan al menos dos o más cuerpos de rotación (22) que están montados y son guiados de forma giratoria en un eje común y sólo uno de los cuerpos de rotación (22) aloja al menos una sonda de medición (28).
- 45 8. Dispositivo según la reivindicación 6, caracterizado porque dos o más cuerpos de rotación (22) que respectivamente alojan al menos una sonda de medición (28) están unidos a un eje rígido (41) y las sondas de medición (28) están orientadas en la misma posición angular.
- 50 9. Dispositivo según la reivindicación 6, caracterizado porque la sonda de medición (28) está montada de forma elásticamente flexible para ser introducida en el cuerpo de rotación (22) con respecto a la superficie de rodadura (23), así como en particular presenta una suspensión compuesta por dos elementos elásticos planos distanciados uno con respecto a otro y orientados de forma paralela, o una suspensión (34) a modo de una membrana.
10. Dispositivo según la reivindicación 6, caracterizado porque en el cuerpo de rotación (22) se proporciona al menos un dispositivo de almacenamiento (37) para los valores de medición de al menos una sonda de medición (28) y en particular se proporciona una interfaz para leer los valores de medición y/o un equipo de emisión y de recepción (38) para la transmisión de datos inalámbrica en un dispositivo de evaluación en el cuerpo de rotación (22).

11. Dispositivo según la reivindicación 6, caracterizado porque en un cuerpo de rotación (22) puede disponerse un dispositivo de tope (48), en particular un disco de tope o un anillo de tope, y el diámetro externo del dispositivo de tope (48) es mayor que aquél del cuerpo de rotación (22).
- 5 12. Dispositivo según la reivindicación 11, caracterizado porque en el dispositivo de tope (48), en su superficie circunferencial lateral, se encuentra dispuesto de forma intercambiable un anillo espaciador (49).
13. Dispositivo según la reivindicación 6, caracterizado porque al menos un cuerpo de rotación (22) con al menos una sonda de medición se proporciona en un carro de medición, el cual presenta al menos un rodillo guía (45) y preferentemente comprende un chasis (43), en donde en particular se encuentra dispuesto un imán de sujeción (46).
- 10 14. Dispositivo según la reivindicación 6, caracterizado porque a la superficie de rodadura (23) del cuerpo de rotación (22), la cual sobresale con respecto a por lo menos una sonda de medición (28), se encuentra asociado un dispositivo de limpieza que limpia al menos el casquete esférico (31) de la sonda de medición (28).

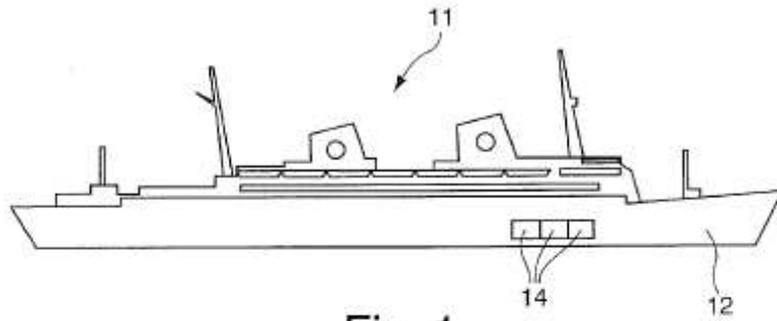


Fig. 1

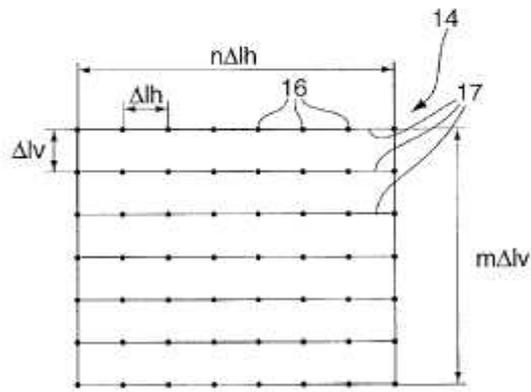


Fig. 2

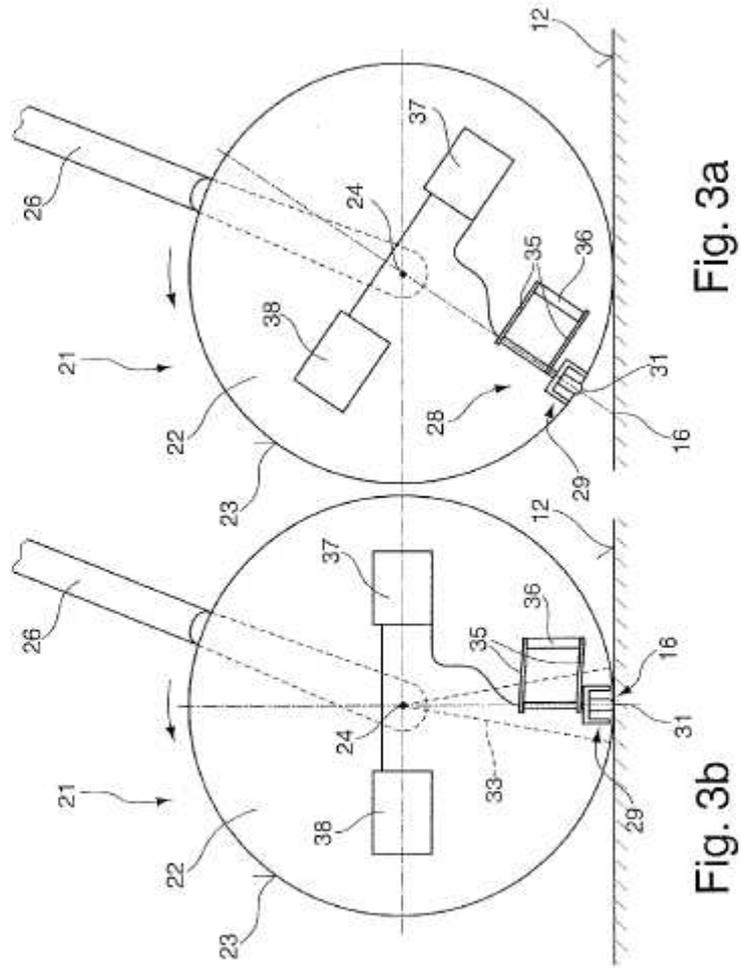
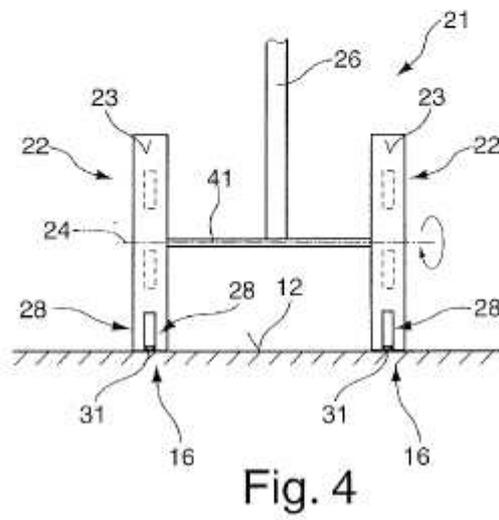
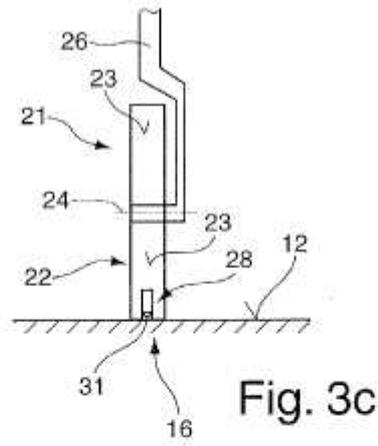
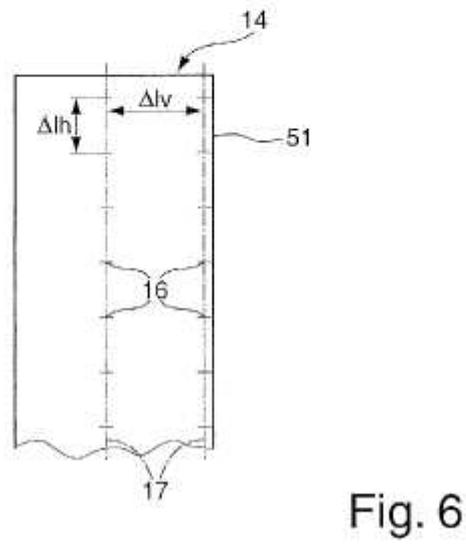
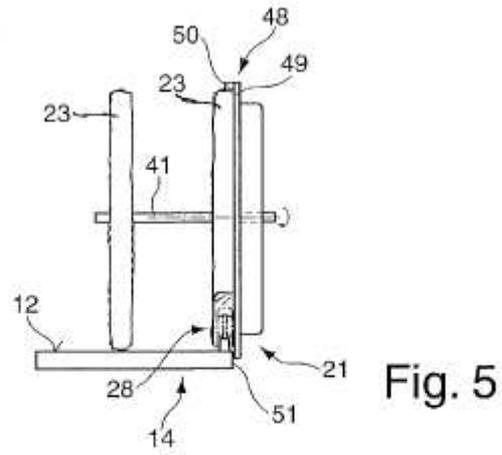


Fig. 3a

Fig. 3b





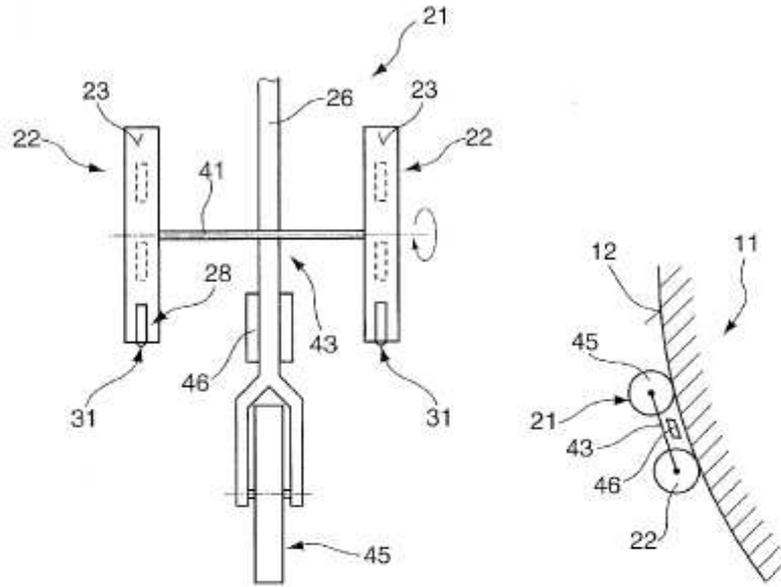


Fig. 7a

Fig. 7b

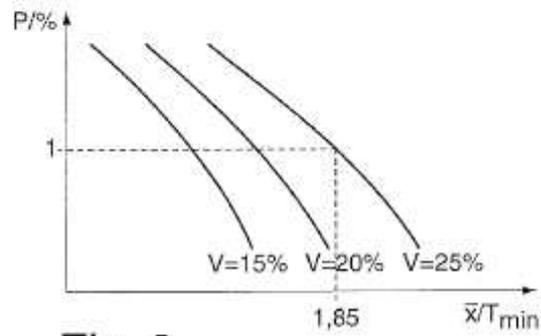


Fig. 8